

理科におけるコンピュータを用いた天文分野の授業事例

A Case Study for Use Computer to Teach Astronomy in Science Class

矢野 充博

Mitsuhiro YANO

(附属中学校)

2007年10月2日受理

Abstract

I teach science for the student of the junior high school second grader. To teach astronomy in a science class we use a planar photograph in a textbook or a collection of photographs. But, it is difficult for a student to image a dynamic movement of the star. Therefore, I used a superior computer software "StellaNavigator" and "Mitaka". When I use "StellaNavigator", it is easy to change a viewpoint and change a time scale, in an astronomy phenomenon. And we can easily watch a 3D image when we use "Mitaka". As a result, my students got interest in the space than before. My students were able to image an expanse of the space to some extent. However, I understood that it was necessary to make a model and to do positive class that does not passivize.

1. はじめに

天文分野の授業は従来から、教科書等の図や板書による解説のみならず、模型の製作、コンピュータソフトの使用や天文台との連携による遠隔授業などいくつも実践されている(有本2003他)¹⁾²⁾³⁾⁴⁾。

今回は比較的新しいコンピュータソフト「ステラナビゲーターVer. 7」と「Mitaka 1.0β5」を用いて効果的に授業を行う方法を検討した。また授業ではワークシート(参考資料1)も用いて授業を進めた。

ステラナビゲーターは1997年にステラナビゲーター for Windows95が発売されて以来、授業の中でも多く使われていると聞く。最近では2006年12月にVer. 8が発売された。このソフトは時刻や観測場所を自由に設定でき、そして地球からだけではなく地球を離れた宇宙空間から惑星などの天体の動きを擬似的に観察することができる。

Mitakaは国立天文台の4次元デジタル宇宙プロジェクト(4D2U)で開発している天文学の様々な観測データや理論的モデルを見るためのソフトウェアで、<http://4d2u.nao.ac.jp/html/program/mitaka/>から無料でダウンロードできる。2005年2月にバージョン1.0βが一般公開され、最新版は2006年11月に1.0β6が公開されている。アナグリフ(立体視方式)でも表示することができるため、赤青色のセロハンメガネを使うと立体的に星を観察することができる。

2. 授業実践と分析

2.1. 学習計画

全11時間の学習計画を立てて(表1)、授業を行った。ほとんどの授業は普通教室ではなく、プロジェクターなどを設置しやすく広い理科1階実験室で行った。以下に実際の授業での様子を述べる。

①天体の一日のみかけの動き(2006年10月17日)

天体の導入にあたるこの時間では、まず自分のいる地点における方位を生徒に意識させることから始めた。それはこれからの学習の中で天体が観察者から見てどの方位にあるのかを考えることが多いからである。次に、部屋を暗くしてプロジェクターを使って、その日の今現在の太陽の位置をステラナビゲーターで表示し、高度や方位を知らせた(図1)。そして、時間を早めると和歌山では太陽がどのように高度や方位を変化させるのかを再現した。この時、高度や方位が分かりやすいように、「高度方位」と「子午線」を表示させた。また、和歌山だけでなく緯度の違いによって太陽の見え方がどのように変わるのかを、赤道付近のインドネシア、南半球のニュージーランド、南極の3カ所のシミュレーションをした。授業中の感想では赤道付近では太陽が真上付近に来ることや南半球では昼には北寄りに太陽が来ることを不思議に感じる生徒が多かった。そこで、なぜこのように観察できるのかを、地球儀と板書した図を使って説明した。

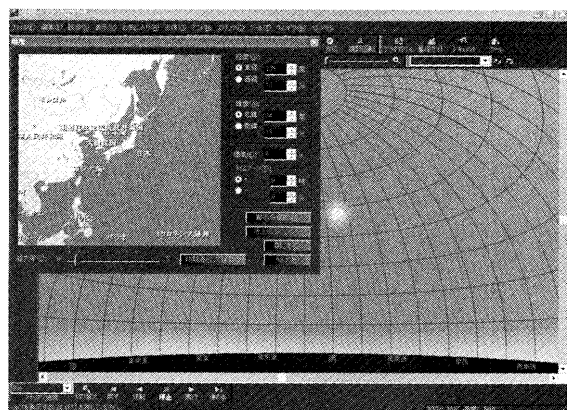


図1 太陽の高度の表示例 和歌山から見た太陽

②星座の星の一日の動き(10月20日)

その日の夜21:00に和歌山で見える星をステラナビゲーターで表示した。そして簡単に見つけられる星座であるオリオン座やおおぐま座などについて解説した。次にアニメーションの「光跡を残す」に設定して、時間を縮めて、方位が違えば星の軌跡の形が変わることを再現した。あっという間に軌跡が描かれたので、生徒はわぁっという声を上げた。その中で北の空には天体が回転する中心があることを画面で見つけさせた。これが北極星である(図2)。地軸の延長線上にある星は常に一定的位置に見えることを地球儀を用いて解説した。次に冬の夜空によく見られるオリオン座を例にして、この時期の和歌山ではオリオン座が時間の経過とともにどのように移動するのかを観察した。さらに、赤道付近のインドネシアや北極ではどのように見えるのかも再現した。インドネシアでは例えば東の空に見えていた天体は真上に昇っていくように観察できることや、北極では地平線に平行に右へ移動するだけで決して沈まないことに注目させた。

本来ゆっくりとしか動かない天体の様子を短時間に早めて動かして表示したことで北極星の存在やそれが地軸の延長線上にあるということをイメージさせやすかったように感じる。

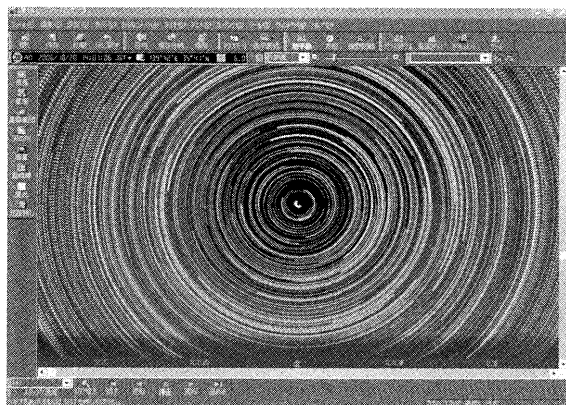


図2 北の空の星の光跡

③季節による星座の移り変わり(10月24日)

表示する時期を変えながら、季節ごとに代表される星座(しし座、さそり座、ペガサス座、オリオン座)についてステラナビゲーターで解説した。次に、オリオン座だけを同じ時刻の1ヶ月後、3ヶ月後、6ヶ月後、9ヶ月後にはどの方位に見られるかを表示し、日が続くにつれて少しずつ星座は東から西へと移動することを再現した(図3)。さらに、表示形式を「太陽系」に設定し、地球、太陽、オリオン座の位置関係が時期によってどのように変化するのかを地球から遠く離れたマクロな視点で観察して、見え方の違いは地球の公転によるものであることに注目させた(図4)。

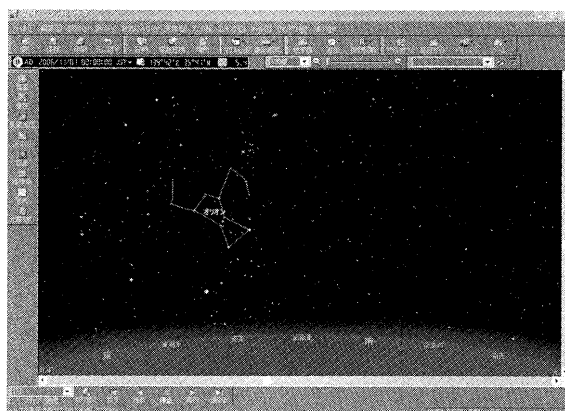


図3 季節によるオリオン座の見える位置の変化

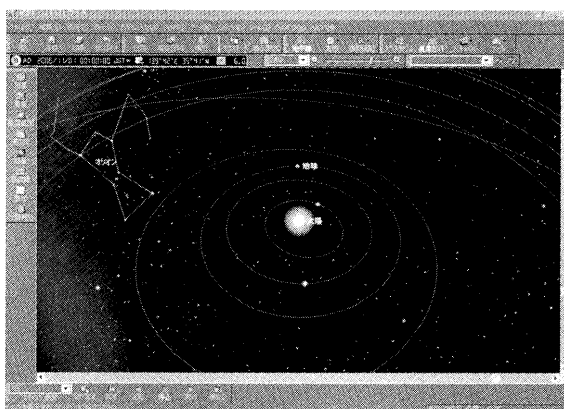


図4 マクロな視点で見た天体の位置関係

④季節による太陽の高度変化(10月27日)

地球の自転軸が公転面に垂直でない状態で公転しているために、地球から見える太陽の位置は星座の位置を規準にすると季節によって変わる。この太陽の天球における見かけ上の通り道のことを黄道という。そこでステラナビゲーターで時間を早めて、黄道を通過する太陽の動きを再現した(図5)。この時、表示形式を「全天」、「黄道十二星座だけを表示」させた。黄道十二星座は地球の公転面の延長線上にある星座にあたる。アニメーションの間隔を5日に設定して、時刻を早めて太陽の動きを観察した。続いて表示形式を「太陽系」に変えて、地球の公転の様子からなぜこのように見え

るのかを説明した。

次に、教科書のグラフで太陽高度によって地面の温まり方が違うことを学習した。そして、季節によって太陽高度がどのように変化するかを和歌山の12:00の5日ごとのアニメーションで再現して、夏は南中高度が 77.2° 、冬は 30.7° とかなり違うことを確認させた(図6)。生徒は夏や冬では太陽の高度がこんなにも違うことや、太陽がまるでボールがはずむように大きく移動していることに驚いていた。

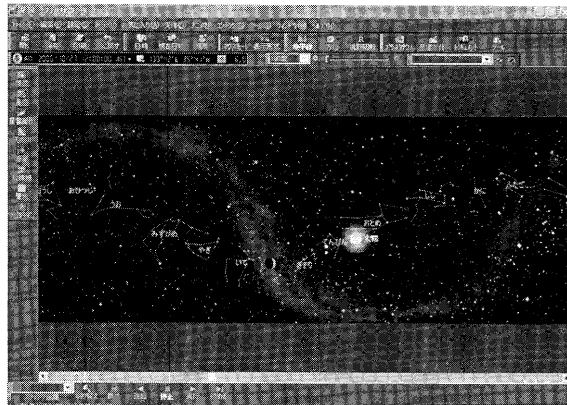


図5 黄道を通過する太陽

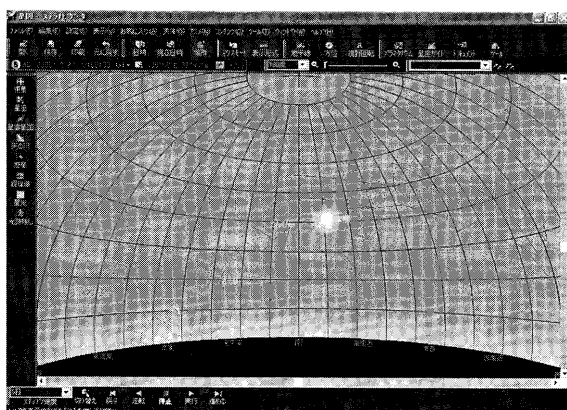


図6 季節の違いによる太陽高度の変化

⑤太陽系の天体(10月29日)

立体視をするために生徒一人一人に自作の赤青セロファンメガネ(図7)を配布して、Mitakaで宇宙の広がりを経験させた(図8)。地球を出発して、火星、土星などの生徒のよく知っている惑星を見た後、一旦宇宙のはしから宇宙全体を見て、徐々に地球に近づいていき、たくさんの銀河系などを観察しながら、最後に地球まで戻った。

次に、身近な天体である月について、その大きさや地球からの距離を模型を使って説明した。そして、月の満ち欠けが起きている動画を見せて、満ち欠けが起きている理由を考えさせた。また、存在は知っていてもクラスでも1/3程しか実際に見たことのない天体現象である日食や月食の様子をステラナビゲーターで再現した。これらの現象は地球や月の自転、公転によ

て起こることをMitakaで再現して説明した(図9)。この時、ターゲットを「地球」、表示－惑星－拡大率－拡大3(3)に設定した。太陽による地球や月の影が表現されているため、生徒には天体現象の起こる理由が分かりやすそうであった。また、参考資料3の生徒の感想にもあるように、立体的に星を観察できて、天文の授業で一番この授業が楽しかったと考える生徒が多かった。

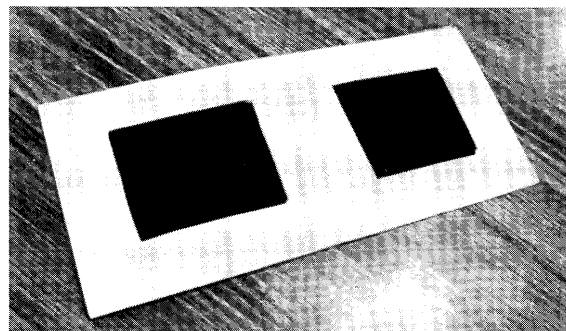


図7 使用した自作の赤青セロファンメガネ

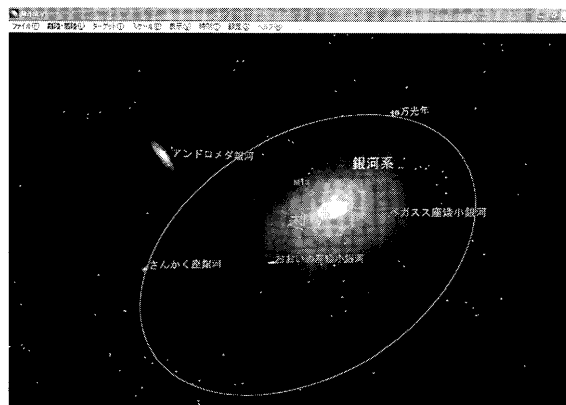


図8 マクロな視点で銀河系を観察

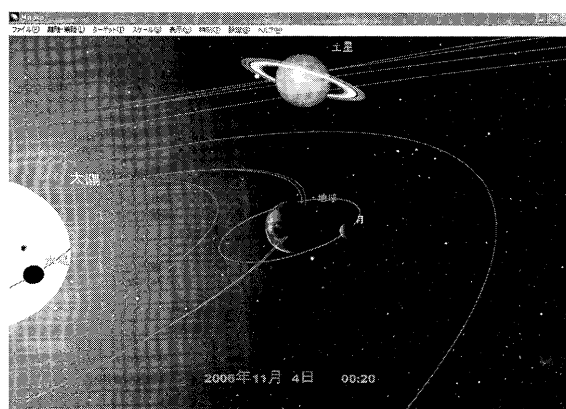


図9 地球と月の自転と公転を再現

⑥複雑な動きをする天体(10月31日)

内惑星である水星や金星は常に太陽の近くで観察できる。ステラナビゲーターで10:00、黄道12星座だけを表示、惑星を500倍に拡大して、2日ごとのアニメーションで再現した(図10)。すると、水星や金星が太陽

の近くを右往左往しているように見える。これは惑星が太陽の周りを公転しているの、このような動きを見せる。生徒には金星がなぜこのような動きをして見えるのか、惑星の大きさが変化するのはなぜかについてワークシートを使って学習した。

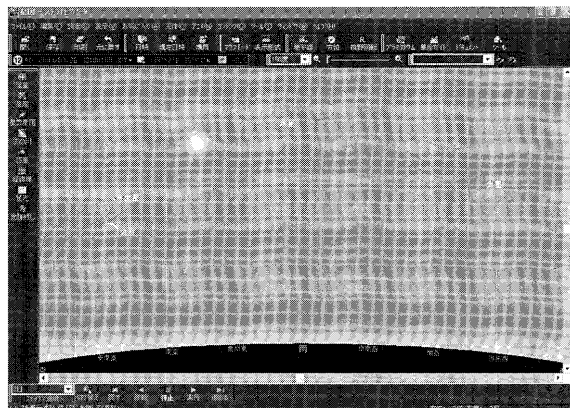


図10 複雑な動きをする惑星

⑦惑星の特徴(11月7日)

金星、地球、太陽のそれぞれの位置と見え方の関係が分かりにくい生徒が多いので、普通教室において問題プリントを使ってゆっくりと復習の時間をとった。その後で、8つの惑星の特徴について、写真を見せながら解説した。

⑧光りかがやく太陽(11月10日)

ちょうど前日の11月9日に太陽の前を水星が通過したので、中学校にある望遠鏡を使って、朝の会の時間に興味のある生徒を集めて観察を行った。授業ではインターネットから収集した「コロナ」「プロミネンス」「水星通過」「太陽の表面のX線写真」の動画をプロジェクターで映して鑑賞した(図11)。その中でフレアの様子なども紹介し、北極で観察できるオーロラについても解説した。太陽のフレアの様子などは生徒は驚きの声を上げて鑑賞していた。

次に太陽の黒点について教科書の図で説明した後、Mitakaで再現した。ターゲットを「地球」、表示－惑星－拡大率－拡大3(3)に設定した。日付を変えていくと、地球から見える黒点の移動する様子がよくわかった。

⑨太陽系の外にある天体(11月14日)

冬の代表的な星座であるオリオン座は白のような形に見え、天球に張り付いている平面として捉えられる。しかし、実際はそれぞれの星の地球からの距離はばらばらで、近いもので500光年、遠いもので1600光年も離れている。そこで、Mitakaを使ってオリオン座を立体的に捉えるために、ふだん地球から見ている方向とは違い、横から見るとどうなるかを赤青セロファンを使用して立体的に観察した(図12)。見慣れたものとは

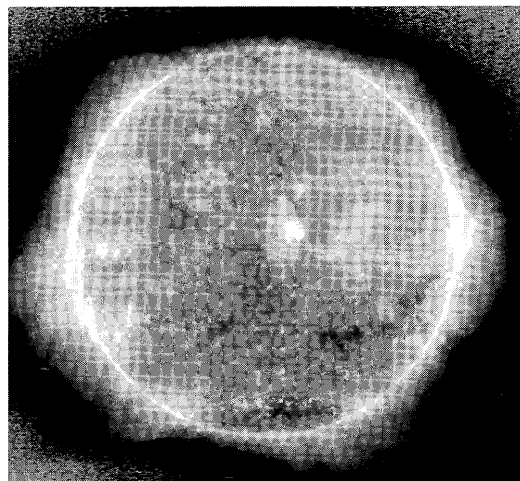


図11 X線で観察した太陽表面の様子

違いオリオン座を構成する星に距離感があったことで、驚きの声を上げていた。

続いて天文単位や光年の変換の簡単な計算を行い、単位の持つ意味や星までの遠さを実感させた。

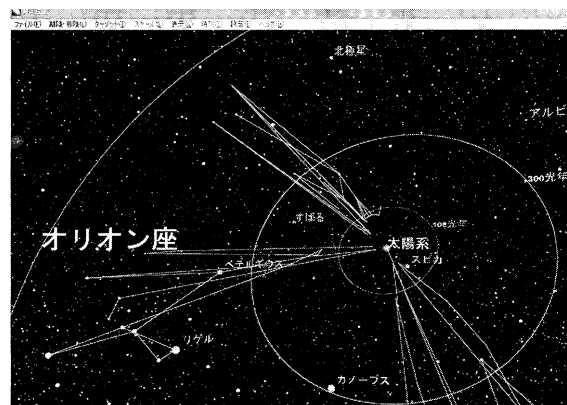


図12 オリオン座の星の距離の違いを表現

⑩太陽系生命探査機(11月21日)

講談社から発売されている「NASA 太陽系生命探査機 驚異の記録 DVD」を鑑賞しながら、初めて知ったことや大切だと思ったことをメモに取らせた。遠い惑星までスイングバイなどの方法で飛んでいたり、また、火星の表面をマーズパスファインダーで探索している様子など実際の映像を鑑賞した。

⑪毛利衛さんの宇宙からの映像(12月5日)

天体の最後の授業は、宇宙飛行士の毛利衛さんが2000年に宇宙で行った数々の実験のうち10種類の実験を選んで動画を鑑賞した。次に宇宙から見た地球の映像「ハイビジョン宇宙へ Vol. 1 毛利さんと飛ぶ～シャトルからの眺め～」を鑑賞して、自分達が住んでいる地球は宇宙に浮かんだ星であることを再確認させた。毛利さんが楽しそうにいろいろな実験に取り組んでいる様子は生徒の興味を大変引いた。特に、2人で相撲を取っているシーンや水を浮かせるシーンには生徒は

喜んで見ていた。また、**参考資料 3**にもあるように、これらの映像を見て、自分も宇宙に行ってみたく思う生徒がかなり多かった。

3. 成果と課題

生徒のおよそ半数が授業をする以前から天体に興味を持っていることがアンケートから分かった(表2)。しかし、これほど興味があるにもかかわらず、授業で生徒に活動させられる実験が少ないのが現状である。教科書に載っている実験例として8つが挙げられているが(表3)、通常の授業時間内で生徒が実物を観察できるのは太陽だけである。その他の天体の動きはモデル実験やコンピュータによるシミュレーションするために、どうしても生徒が受け身の授業スタイルになってしまう。もっと授業では積極的に生徒が活動できる場面を多く設けることができれば良かったと思う。また、もともと天体に興味がなかったのに、授業を受けたことで新たに興味が湧いたという生徒は、有効回答数139名中に30.2%の42名いたことは、映像の素晴らしさや天体のダイナミックな動きに対する感動が伝わった成果だと思われる(表2)。

天体の単元を学習するときの難しさは、立体的に星の位置関係をイメージすることであると思われる。そこでコンピュータを多くの場面で活用して、イメージしやすいように尺度や時間を変えながら授業を行った。また、授業での理解度を確かめるために、定期テストでの正答率を考察した。**参考資料 2**の定期テスト(11月27日実施)の[6](2)にあるように、金星がどの時刻にどの方位に見えるのかという問題の正答率が60%と比較的低い。[6](3)の金星が大きく見えるのはどの位置にある場合かという問題の正答率が84%と比較的高い。このことから、生徒は金星が太陽の周りを回っているということのイメージはおおよそつかめているが、自分達が地球から見たときに実際に金星がどちらの方位にどのように見えるのかをしっかりと頭の中で整理させることができなかった。したがって、コンピュータによるシミュレーションだけに頼るのではなく、地球や金星、太陽の模型を製作させたりして、じっくりと時間をかけて考えさせながら学習することが重要であったと反省している。画面で一度だけ見てもなかなか理解しにくい所もあり、やはり手で作業をさせることで納得いくこともある。コンピュータに頼りすぎてはいけない。モデル実験ともうまく併用していかなくてはならないと考える。

さて、今回は2種類の天文学習ソフト「ステラナビゲーター」と「Mitaka」を使用した。ある特定の現象をシミュレーションするのに、ステラナビゲーターを多用した。それは、「ある星座や惑星だけを表示させることができる」「観測地点を自由に変更できる」「時間を自由に操作できる」「表示形式をいろいろ選択でき

る」「光跡を残すことができる」「好きな時間間隔でアニメーションすることができる」からである。ステラナビゲーターを使った授業の生徒の印象は**表 2**にあるように、すごく分かりやすいと答える生徒が全体の94%と非常に多かった。これは特徴的な天体現象をすぐに見ることができたり、アニメーションで動きが分かりやすかったからだと思われる。しかし、この画面では宇宙の広がりまでは十分に感じることはできない。そこで立体視(アナグリフ)形式で表示して宇宙の広がり体験させるためにMitakaを使用した。部屋を暗くして大型スクリーンにプロジェクターで映し出すとまるで宇宙空間にいるように感じたようで、驚きや感嘆の声を上げていた。例えば、火星などの惑星やオリオン座の横から見たときは生徒の反応がすごく良かった。これを使った授業の印象も生徒の88%が良かったと答えている。

これらのソフトを使ってみて、授業者にとってどちらのソフトも操作方法が簡単で、手軽に特徴的な天体現象を見せやすかったので授業で取り入れて良かったと思う。また、それぞれのソフトを単独で使うだけでなく、例えば月食や日食の様子をステラナビゲーターで再現しておき、Mitakaで立体的に表示させて星の位置関係を確かめたことで、教科書の図だけを参考にするよりもより効果的に授業を進められたように思う。しかし、先ほども述べた通り、多くの授業がプロジェクターに映し出された天体現象を見るという受け身のものになっていたので、生徒自身がもっと活動できる場面を設定すれば良かった。例えば模型を製作させたり、コンピューター室などを活用して生徒自身にソフトの操作やインターネット(JSTバーチャル科学館惑星の旅 <http://jvsc.jst.go.jp/universe/planet/> や ザ・ナインプラネッツ <http://www.cgh.ed.jp/TNPJP/nineplanets/> など)を閲覧させて楽しみながら学習させることも今後の授業の展開として考えられる。

4. 謝辞

この報告書を作成するにあたり、和歌山大学教育学部教授・高須英樹先生、教育学部准教授・富田晃彦先生には大変お世話をおかけしました。

参考文献

- 1 有本淳一(2003)「宇宙の広がりを実感したい～とある高校での天体の学習」理科教室、587, pp.33-39
- 2 吉村成公(2006)「天文学習に使える教材・教具」理科教室、617, pp.41-43
- 3 みさと天文台(2007)「天文台のインターネットと教育」http://www.obs.jp/misato/050921/inter_edu.html
- 4 本田義信「コンピュータのシミュレーション的利用天体シミュレーションソフトの活用」<http://www.shinko-keirin.co.jp/j-kadaiscie/9812/index.htm>

表1 学習計画(単元構成表) 全11時間

	題 材	主 な 内 容	使用ソフト	教室
①	天体の一日のみかけの動き	太陽の一日の動きの緯度による違い	ステラナビゲーター	理科実験室
②	星座の星の一日の動き	地球の自転による天体のみかけの動き	ステラナビゲーター	理科実験室
③	季節による星座の移り変わり	季節が変わるとオリオン座がどの方角に見えるか	ステラナビゲーター	理科実験室
④	季節による太陽の高度変化	黄道の様子と太陽高度が季節によって変化する原因	ステラナビゲーター	理科実験室
⑤	太陽系の天体	太陽系の惑星をMitakaのアナグリフで観察 月の満ち欠けが起こるときの天体の位置	Mitaka ステラナビゲーター	理科実験室
⑥	複雑な動きをする天体	金星の満ち欠けが起こるときの天体の位置	ステラナビゲーター	理科実験室
⑦	惑星の特徴	金星の満ち欠けが起こるときの天体の位置のおさらい 太陽系の惑星の特徴	なし	普通教室
⑧	光かがやく太陽	太陽の特徴	Mitaka	理科実験室
⑨	太陽系の外にある天体	星座をMitakaのアナグリフで横から見る 天体までの距離の表し方と距離の計算	Mitaka	理科実験室
⑩	太陽系生命探査機	「太陽系生命探査機」のビデオを鑑賞	なし	理科実験室
⑪	毛利衛さんの宇宙からの映像	毛利衛さんの行いたいいくつか実験とスペースシャトル からの映像を鑑賞	なし	理科実験室

表2 単元終了後のアンケート結果 数字は%

質 問 項 目	はい	いいえ
①もともと天体には興味があった?	49.6	50.4
②天体の授業は楽しめて受けられた?	89.2	10.8
③授業をして天体に興味が湧いた?	80.6	19.4
④ステラナビゲーター(シミュレーションソフト) を使っている授業は分かりやすかった?	94.2	5.8
⑤Mitaka(立体に見えるソフト)を使っ ての授業は分かりやすかった?	87.8	12.2

表3 教科書(啓林館)で紹介されている実験

実験のタイトル	実験の内容
太陽の1日の動きを調べてみよう	透明半球に1時間ごとにサインペンでプロットする
星の1日の動きを調べてみよう	夜間に星を観察する
星座早見板を使って星座の移動を調べる	星座早見板でオリオン座の動きを調べる
地球の公転による星座の見え方を調べるモデル実験	電球とボールを使って、どの方位に星座が見えるのかを確かめる
太陽の光が当たる角度と温度の上がり方の関係を調べる実験	水が入った黒く表面を塗った試験管を太陽の光で温める
金星の動きを調べてみよう	実際に10日かけて金星の位置を調べるか、コンピュータで再現する
金星の満ち欠けや大きさの変化を調べるモデル実験	いくつかの半分の黒く塗ったピンポン球を金星に見立てる
太陽の表面を観察してみよう	投影板付き天体望遠鏡を使って、黒点を観察する

参考資料 1 授業で使ったワークシート(No.29-37)

[illegible]

参考資料2 定期テストの問題(抜粋)と正答率 ※但し、(2)は3問正解している生徒の割合

[6]下図は太陽・金星・地球の位置関係を示したものである。 次の問いに答えなさい。

(1)金星の公転の向きはア・イのどちらか。 解答) ア 正答率 88%

(2)地球から見て、金星が次のように見えるのは、

金星がA～Eのどの位置にあるときか。

それぞれすべて選び、記号で答えなさい。

①金星が夕方見える。

②金星が東の空に見える。

③太陽にさえぎられて金星が見えない。

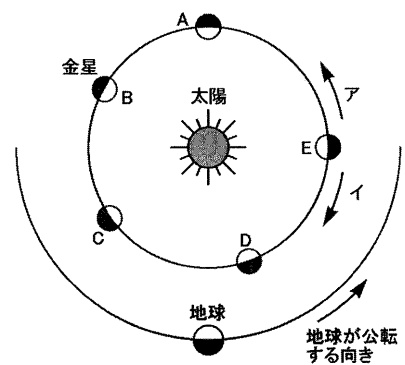
解答) ①B・C ②D・E ③A 正答率 60%

(3)地球から見て、金星の見かけの大きさがもっとも大きくなるのは、金星がA～Eのどの位置にあるときか。

解答) D 正答率 84%

(4)金星と同じように、地球から見たとき満ち欠けをする惑星の名前を書きなさい。

解答) 水星 正答率 57%

**参考資料3 生徒の主な感想**

- ・天体は何か自分に身近な感じなので授業で習ったことを使うこともできるからとても楽しかった。
- ・いつも映像つきで授業をしてくれたので、すごく分かりやすかったし楽しかった。映像で見た星達はきれいでした。
- ・宇宙は不思議だと思っていたが、そんなに興味がなかった。でも、終わってみると興味ができてきた。
- ・天体にもともと興味があつたし、すごく楽しく授業を受けられました。
- ・天体は難しく、テストも思うように点が取れなかったけど、授業は今までにない形式でとても楽しかったです。
- ・今まで、星座とか分からなかったけど、この前オリオン座が自分で見つけられてびっくりした。
- ・すごく分かりやすくて楽しんで授業を受けられました。天体だからイメージが定着して初めて理解できることもあるので、シミュレーションとかしてもらい、本当によかったです。
- ・天体はあまり好きではなかったけど、矢野先生の授業は分かりやすくて興味がもてました。
- ・天体を勉強してから夜とかに空を見て星を見るようになりました。全然天体について分からなかったけど、ソフト使ったりして、わかるようになりました。
- ・とても分かりやすかったです。妹が天体が好きで家で結構天体の話しをしていたから、毎回の授業をちゃんと覚えて、妹に勝ちたいと思ったので、たくさん覚えられた。
- ・「Mitaka」がすごい面白かったです。多分黒板だけで説明されてたら全然分からなかったと思うけど、ソフトを使って教えてくれたから、分かりやすかったです。
- ・コンピュータの立体的な画像や動画は面白かったけど、逆にわかりにくくなることがあった。ちょっと混乱してしまった。
- ・パソコンのソフトを使って、立体的な映像はリアルで星座、星の位置がよくわかりました。
- ・いつも見ているものなのに、学んでみると知らなかったことばかりで、とても楽しく勉強できました。
- ・実際に動いている画像を見ることで、教科書に書いてあるよりも理解しやすかったです。
- ・金星の動きが全く分からなかった。
- ・ステラナビゲーターや立体に見るソフトとかすごく楽しかったし、分かりやすかったです。もっと天体のことを知りたいと思いました。いつか宇宙へ行ってみたいと思った。
- ・オリオン座や夏の大三角など以外には、全く興味がなかったが、この授業で今までよりも空をよく見上げるようになった。
- ・この授業をやって、夜にオリオン座を見つけることができました。コンピュータを使った授業は印象に残っていたので、テストでもすぐに思い出せました。
- ・授業をやっていくにつれて、実際の天体がきれいに見えるようになりました。
- ・シミュレーションソフトで見る星がきれいでした。でも似たようなことばかりでややこしかったです。